

**DE3404137**

Publication Title:

Thermoelectric configuration having foreign-layer contacts

Abstract:

The object of the invention is to improve the efficiency of Peltier elements and thermocouples. The solution proposed consists in designing a thermal shank from two separate and unequally annealed parts in such a way that said parts have a multiplicity of contact points with one another. Said contact points are electrical and thermal contact resistances connected in parallel and having a foreign layer. The foreign layer of the contacts is thinner than  $1 \cdot 10^{-6}$  cm, so that its electrical conductivity is enhanced by means of the wave-mechanical tunnel effect. The diameter of the contact points is so small that the temperature difference between the two parts of the thermal shank drops predominantly in the foreign layer. Thus the foreign layer becomes the active thermal shank of a Peltier element or thermocouple, whose efficiency is enhanced as a result of the extreme fields in the foreign layer. Figure 2 of the description is a typical illustration of the thermoelectric configuration having foreign-layer contacts 3.

-----  
Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

①1 DE 3404137 A1

②1 Aktenzeichen P 34 04 137 0  
②2 Anmeldetag: 7. 2. 84  
④3 Offenlegungstag: 8. 8. 85

⑤1 Int. Cl. 4:  
H 01 L 35/12  
H 01 L 35/04  
H 01 L 35/32

DE 3404137 A1

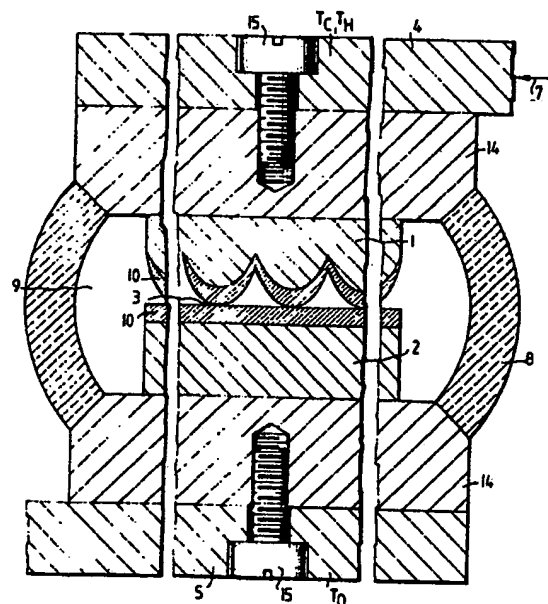
⑦1 Anmelder:  
Dahlberg, Reinhard, Dr., 7101 Flein, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

## ⑤4 Thermoelektrische Anordnung mit Fremdschicht-Kontakten

Die Verbesserung des Wirkungsgrades von Peltier-Elementen und Thermoelementen ist die Problemstellung der Erfindung. Als Lösungsweg wird vorgeschlagen, einen Thermoschenkel aus zwei getrennten und ungleich temperierten Teilen so auszubilden, daß diese eine Vielzahl von Berührungsstellen miteinander haben. Diese Berührungsstellen sind parallel geschaltete elektrische und thermische Kontaktwiderstände mit Fremdschicht. Die Fremdschicht der Kontakte ist dünner als  $1 \cdot 10^{-6}$  cm, so daß ihre elektrische Leitfähigkeit über den wellenmechanischen Tunneleffekt vergrößert ist. Der Durchmesser der Berührungsstellen ist so klein, daß die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Teilen des Thermoschenkels überwiegend in der Fremdschicht abfällt. Die Fremdschicht wird damit zum aktiven Thermoschenkel eines Peltier- oder Thermoelementes, dessen Wirkungsgrad als Folge der extremen Felder in der Fremdschicht vergrößert ist.

Fig. 2 der Beschreibung ist eine typische Darstellung der thermoelektrischen Anordnung mit Fremdschicht-Kontakten 3.



DE 3404137 A1

Thermoelektrische Anordnung mit Fremdschicht-Kontakten

## Patentansprüche

- ① Thermoelektrische Anordnung, bei welcher ein Thermoschenkel aus zwei getrennten und ungleich temperierten Teilen besteht, welche sich an mindestens einer Stelle stationär berühren, wobei die Berührungsstellen so ausgebildet sind, daß durch sie ein Wärmestrom mit einem Temperaturgradienten fließt, der größer als  $10^4$  °K/cm ist, dadurch gekennzeichnet, daß diese Berührungsstellen elektrische und thermische Kontaktwiderstände mit Fremdschicht sind, daß ein Material, aus welchem die Fremdschicht besteht, makroskopisch einen spezifischen elektrischen Widerstand größer  $1 \Omega\text{cm}$  hat, und daß die Dicke der Fremdschicht kleiner als  $1 \cdot 10^{-6}$  cm ist, so daß ihre elektrische Leitfähigkeit, als Folge des wellenmechanischen Tunneleffektes, vergrößert ist.
2. Thermoelektrische Anordnung, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Berührungsstellen so klein ist, daß der Wärmewiderstand der Fremdschicht beherrschend wird, so daß die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Teilen des Thermoschenkels überwiegend in der Fremdschicht abfällt.
3. Thermoelektrische Anordnung, nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile eines Thermoschenkels durch Scheiben aus elektrisch gut leitendem einkristallinen oder polykristallinen Material gebildet sind, daß die Oberflächen dieser Scheiben so strukturiert und die Berührungsstellen zwischen den beiden Scheiben so behandelt sind, daß ein Array aus einer Vielzahl von elektrisch und thermisch parallel geschalteten Kontaktwiderständen mit Fremdschicht entstanden ist.

4. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß als Scheiben aus elektrisch gut leitendem Material einkristalline 1-0-0-orientierte Siliziumscheiben verwendet sind, daß diese Siliziumscheiben mit Hilfe eines Struktur-Ätzverfahrens mindestens auf einer Scheibenseite mit einer Struktur aus Gräben und Wällen versehen sind, und daß die Siliziumscheiben so zusammengesetzt sind, daß die Stege in den Strukturen beider Scheiben sich kreuzen und ein Kontakt-Array aus Kontaktwiderständen mit Fremdschicht bilden.
5. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß als Scheiben aus elektrisch gut leitendem Material einkristalline Siliziumscheiben verwendet sind, daß eine Siliziumscheibe mit 1-0-0-Orientierung mindestens auf einer Scheibenseite eine Struktur mit einer Vielzahl kegelförmiger Spitzen aufweist, daß die andere einkristalline Siliziumscheibe mindestens auf einer Scheibenseite eine nichtstrukturierte, ebene Oberfläche hat, und daß diese beiden Siliziumscheiben so zusammengesetzt sind, daß die kegelförmigen Spitzen der einen Siliziumscheibe mit der ebenen Oberfläche der anderen Siliziumscheibe ein Array von Kontaktwiderständen mit Fremdschicht bilden.
6. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Fremdschicht in den Kontaktwiderständen durch eine adsorbierte Gas-Schicht mit einer Dicke von einem oder wenigen Moleküldurchmessern gebildet ist.
7. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Fremdschicht in den Kontaktwiderständen aus einer chemischen Verbindung besteht.

8. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile eines Thermoschenkels durch Scheiben aus elektrisch gut leitendem einkristallinen oder polykristallinen Material gebildet sind, und daß die Fremdschicht als dünne Schicht in ansich bekannter Weise auf die Struktur dieser Scheiben aufgebracht ist.
9. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile eines Thermoschenkels Scheiben mit strukturierten Oberflächen sind, und daß auf die Strukturen im Hochvakuum eine elektrisch leitende Schicht mit so großer Schichtdicke aufgedampft ist, daß - als Folge der Winkelabhängigkeit der aufgedampften Schichtdicke - der Krümmungsradius am äußersten Ende der Stege oder Spitzen der Strukturen verkleinert ist.
10. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Scheiben aus elektrisch gut leitendem Material mit einer elektrisch leitenden, ferromagnetischen Schicht auf ihrer nichtstrukturierten oder strukturierten Seite versehen sind, und daß der mechanische Druck, mit dem die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht zusammengehalten werden, mit Hilfe eines äußeren Magnetfeldes erzeugt ist.
11. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht zur Reduzierung unnötiger Wärmeverluste von Vakuum umgeben sind, und daß der mechanische Druck mit dem die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht zusammengehalten werden, aus der Druckdifferenz zwischen dem Vakuum und der umgebenden Atmosphäre stammt.

12. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß zur Reduzierung der Wärmeverluste durch Strahlung und zur besseren Anpassung an große Temperaturdifferenzen zwei oder mehrere Thermoschenkel aus je zwei getrennten und ungleich temperierten Teilen, thermisch und elektrisch in Serie zu einem segmentierten Thermoschenkel zusammengesetzt sind.
13. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Thermoschenkel gemäß der Erfindung in einem eigenen Vakuumgehäuse untergebracht ist.
14. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Thermoelement oder ein Peltierelement mit einem p-Schenkel und einem n-Schenkel gemäß der Erfindung - oder mehrere Thermoelemente oder Peltierelemente gemäß der Erfindung - in einem gemeinsamen Vakuumgehäuse untergebracht sind.
15. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Thermoschenkel gemäß der Erfindung zusammen mit einem konventionellen Thermoschenkel als Thermoelement oder Peltierelement benutzt ist.
16. Thermoelektrische Anordnung, nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Thermoelement oder ein Peltierelement mit einem p-Schenkel und einem n-Schenkel gemäß der Erfindung allein - oder eine Mehrzahl dieser Thermoelemente parallel und in Serie geschaltet - als Thermogenerator oder als Peltier-Kühler benutzt ist.

Die Patentanmeldung betrifft eine thermoelektrische Anordnung zur Umwandlung von Wärme in elektrische Energie und zum reversiblen Pumpen von Wärme mit größerem Wirkungsgrad.

Durch das deutsche Patent 25 47 262 ist bekannt, daß höhere Wirkungsgrade bei thermoelektrischen Anordnungen erreicht werden können, wenn in jedem Thermoelement der Wärmestrom über mindestens eine Stelle mit Temperaturgradienten größer als  $10^4$  °K/cm fließt.

Die vorliegende Erfindung stellt eine Weiterbildung dieses Patentes dar. Auch bei ihr besteht ein Thermoelementschenkel aus zwei getrennten und ungleich temperierten Teilen, welche sich an einer Stelle stationär berühren, so daß durch diese Berührungsstelle ein Wärmestrom mit einem Temperaturgradienten fließt, der größer als  $10^4$  °K/cm ist. Sie ist jedoch zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß diese Berührungsstelle ein elektrischer und thermischer Kontaktwiderstand mit Fremdschicht ist, daß das Material, aus welchem die Fremdschicht besteht, makroskopisch einen spezifischen elektrischen Widerstand größer  $1 \Omega\text{cm}$  hat, daß die Dicke der Fremdschicht kleiner als  $1 \cdot 10^{-6}$  cm ist, so daß ihre elektrische Leitfähigkeit als Folge des wellenmechanischen Tunnel-effektes vergrößert ist.

Wenn die Fremdschichten nur wenige  $10^{-8}$  cm dick sind, kann bei elektrischen Feldstärken von  $10^4$  bis  $10^7$  Volt/cm - wie sie bei normalen Thermospannungen auftreten können - der Einfluß des elektrischen und thermischen Widerstandes der Fremdschichten auf den Kontaktwiderstand vernachlässigbar klein sein. Der Kontaktwiderstand mit Fremdschicht verhält sich dann praktisch so wie ein Engewiderstand. Da jedoch der Durchmesser der Berührungstellen so klein ist, daß der Wärmewiderstand der Fremdschicht beherrschend ist, fällt die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Teilen des Thermoschenkels überwiegend in der Fremdschicht mit einem Temperaturgradienten sehr viel größer als  $10^4$  °K/cm ab. Als Folge davon bestimmt das - durch den wellenmechanischen Tunnel-effekt elektrisch leitfähiger gemachte - Material der Fremdschicht

das thermoelektrische Verhalten der ganzen Anordnung. Thermoelektrische Materialien mit hoher Thermokraft, aber zu geringer elektrischer Leitfähigkeit im Verhältnis zu ihrer Gitterleitfähigkeit - wie z. B. schwach dotierte Halbleiter - können in dieser Anordnung thermoelektrisch effektiver werden.

Gemäß der Erfindung können die beiden Teile eines Thermoschenkels durch Scheiben aus elektrisch gut leitendem einkristallinen oder polykristallinen Material gebildet sein. Die Oberflächen dieser Scheiben sind so strukturiert und die Berührungsstellen zwischen den beiden Scheiben sind so behandelt, daß ein Array aus einer Vielzahl von elektrisch und thermisch parallel geschalteten Kontaktwiderständen mit Fremdschicht entstanden ist.

Als Scheiben aus elektrisch gut leitendem Material können mit Vorteil einkristalline, 1-0-0-orientierte Siliziumscheiben verwendet werden. Diese Siliziumscheiben werden mit Hilfe eines Struktur-Ätzverfahrens mindestens auf einer Scheibenseite mit einer Struktur aus Gräben und Wällen versehen. Danach werden die Siliziumscheiben so zusammengesetzt, daß die Stege in den Strukturen beider Scheiben sich kreuzen und ein Kontakt-Array aus Kontaktwiderständen mit Fremdschicht bilden.

Auf die gleiche Weise behandelt, kann eine Siliziumscheibe mit kristallographischer 1-0-0-Orientierung aber auch - mindestens auf einer Scheibenseite - eine Struktur mit einer Vielzahl kegelförmiger Spitzen aufweisen. Die andere einkristalline Siliziumscheibe hat - mindestens auf einer Scheibenseite - eine nicht-strukturierte, ebene Oberfläche. Diese beiden Siliziumscheiben sind so zusammengesetzt, daß die kegelförmigen Spitzen der einen Siliziumscheibe mit der ebenen Oberfläche der anderen Siliziumscheibe ein Array von Kontaktwiderständen mit Fremdschicht bilden.

Die Fremdschicht in den Kontaktwiderständen kann durch eine adsorbierte Gas-Schicht mit einer Dicke von einem oder wenigen Moleküldurchmessern gebildet sein.

Die Fremdschicht in den Kontaktwiderständen kann aber auch aus einer chemischen Verbindung bestehen. Sie kann durch eine chemische Oberflächenreaktion erzeugt sein. Sie kann aber auch in ansich bekannter Weise durch Aufdampfen, Aufputtern oder durch



chemische oder elektrochemische Abscheidung auf die Scheiben aus einkristallinem oder auch polykristallinem Material erzeugt sein.

Auf die strukturierten Oberflächen der beiden Scheiben kann zur Verkleinerung der Kontaktdurchmesser im Hochvakuum eine elektrisch leitende Schicht mit so großer Schichtdicke aufgedampft sein, daß - als Folge der Winkelabhängigkeit der aufgedampften Schichtdicke - der Krümmungsradius am äußersten Ende der Stege oder Spitzen der Strukturen verkleinert ist.

Die beiden Scheiben aus elektrisch gut leitendem Material können auch mit einer elektrisch leitenden ferromagnetischen Schicht auf ihrer nichtstrukturierten oder strukturierten Seite versehen sein, so daß der mechanische Druck, mit dem die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht zusammengehalten werden, mit Hilfe eines äußeren Magnetfeldes erzeugt ist.

Zur Reduzierung unnötiger Wärmeverluste sind die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht mit Vorteil von Vakuum umgeben.

Der mechanische Druck, mit dem die Kontaktwiderstände mit Fremdschicht zusammengehalten werden, kann aus der Druckdifferenz zwischen dem Vakuum und der umgebenden Atmosphäre stammen.

Zur Reduzierung der Wärmeverluste durch Strahlung und zur besseren Anpassung an große Temperaturdifferenzen können zwei oder mehrere Thermoschenkel, aus je zwei getrennten und ungleich temperierten Teilen - thermisch und elektrisch in Serie -, zu einem segmentierten Thermoschenkel zusammengesetzt sein.

Ein Thermoschenkel gemäß der Erfindung kann in einem eigenen Vakuumgehäuse untergebracht sein.

Ein Thermoelement oder ein Peltierelement mit einem p-Schenkel und einem n-Schenkel gemäß der Erfindung oder mehrere Thermoelemente oder Peltierelemente gemäß der Erfindung können aber auch in einem gemeinsamen Vakuumgehäuse untergebracht sein.

Auch ein einzelner Thermoschenkel gemäß der Erfindung kann mit Vorteil zusammen mit einem konventionellen Thermoschenkel als Thermoelement oder Peltierelement benutzt werden.

Ein Thermoelement oder ein Peltierelement mit einem p-Schenkel und einem n-Schenkel gemäß der Erfindung kann - allein oder eine

Mehrzahl dieser Thermoelemente parallel und in Serie geschaltet - als Thermogenerator oder als Peltier-Kühler mit Vorteil benutzt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sollen nachstehend näher erläutert werden.

In der Zeichnung zeigt:

F i g . 1 schematisch einen Peltierkühler, bei dem sich ein p-Schenkel und ein n-Schenkel gemäß der Erfindung in einem gemeinsamen Vakuumgefäß befinden, wobei die beiden Teile der Thermoschenkel magnetisch zusammengehalten werden.

F i g . 2 schematisch den p-Schenkel eines Peltier-Kühlers in einem eigenen Vakuumgefäß und

F i g . 3 schematisch den segmentierten p-Schenkel eines Thermogenerators gemäß der Erfindung.

#### Ausführungsbeispiel 1

Fig. 1 zeigt einen Peltierkühler, bei welchem die Elementschenkel aus je zwei niederohmigen Si-Scheiben 1 und 2 zusammengesetzt sind. Die Si-Scheiben 1 und 2 tragen einseitig eine Struktur aus parallelen Stegen und Gräben mit einem Abstand der Stege von  $1 \cdot 10^{-4}$  cm. Auf die strukturierten Seiten der Si-Scheiben 1 und 2, welche den p-Schenkel bilden, ist Sm-Metall 10 mit einer Schichtdicke von  $2 \cdot 10^{-5}$  cm aufgedampft. Auf die strukturierten Seiten der Si-Scheiben, welche den n-Schenkel bilden, ist Mn-Metall 11 in einer Schichtdicke von  $1,5 \cdot 10^{-5}$  cm aufgedampft. Die Scheiben 1 und 2 des p-Schenkels und des n-Schenkels sind danach - in der Ebene - um  $90^\circ$  verdreht so zusammengesetzt, daß die Si-Scheiben 1 und 2 pro  $\text{cm}^2$  ca.  $1 \cdot 10^8$  Kontaktwiderstände mit Fremdschicht miteinander bilden. Die mittlere Dicke der Fremdschichten beträgt etwa  $2 \times 2,5 \cdot 10^{-7}$  cm. Der Druck mit dem die Scheiben zusammengesetzt sind, beträgt etwa  $100 \text{ g pro cm}^2$ , so daß im Mit-

tel jeder Kontaktwiderstand mit einem Gewicht von 1 Mikrogramm belastet wird. Dadurch hat sich ein mittlerer Kontaktdurchmesser von etwa  $5 \cdot 10^{-7}$  cm eingestellt. Die thermoelektrischen Eigenschaften der beiden Kontakt-Arrays werden praktisch vollständig durch die Eigenschaften der Fremdschicht-"Scheibchen" (mit  $\approx 50$  Å Durchmesser und  $\approx 50$  Å Dicke) auf dem Sm und Mn bestimmt. Diese Fremdschichten, welche ohne Extrem-Bedingungen eine differentielle Thermokraft von etwa 6 mV/ °K bei Zimmertemperatur haben, stehen unter dem Einfluß einer elektrischen Feldstärke ( $\approx 10^5$  V/cm) bei gleichzeitigem Tunneleffekt. Dadurch ist ihre elektrische Leitfähigkeit und ihre thermoelektrische Effektivität stark vergrößert. Auf die Rückseiten der Si-Scheiben 1 und 2 ist jeweils eine Fe-Schicht 13 mit einer Dicke von  $2 \cdot 10^{-4}$  cm aufgebracht. Dadurch lassen sich die Si-Scheiben 1 und 2 mit Hilfe der Permanent-Magnet-Platten 12 mechanisch fixieren und mit der Anziehungskraft zweier Magnetplatten 12 lassen sich zwei zusammengesetzte Scheiben 1 und 2 unter konstantem mechanischen Druck halten. Der p-Schenkel zwischen den beiden Magnet-Platten 12 wird durch den gekühlten Anschluß 5 unter definiertem Druck gegen die leitende Brücke 4 gedrückt. Das gleiche geschieht mit dem n-Schenkel durch den Anschluß 6. In diesem Zustand ist die Anordnung in das Keramik-Gefäß hart eingelötet. Danach ist das Gefäß evakuiert 9. Als Folge einer von außen angelegten Gleichspannung transportiert der Strom 7 reversibel Wärme von 1 nach 2. Dadurch kühlt sich die leitende Brücke 4 auf  $T_c < T_0$  ab.

#### Ausführungsbeispiel 2

In Fig. 2 ist 1 eine sehr niederohmige Si-Scheibe mit 1-0-0-Orientierung, welche auf einer Seite - mit Hilfe einer maskierten Struktur-Ätzung - mit einer Struktur aus kegelförmigen Spitzen versehen ist. 2 ist eine sehr niederohmige Siliziumscheibe mit ebener Oberfläche. Auf die Struktur der Scheibe 1 und auf eine Seite der Scheibe 2 ist eine Schicht 10 aus HfC mit einer Dicke von  $5 \cdot 10^{-5}$  cm aufgedampft. Die beiden Scheiben sind so zusammengesetzt, daß die bedampften Spitzen von 1 mit der bedampften ebenen Oberfläche von 2 Kontaktwiderstände mit Fremdschicht bilden. Die Kontaktwiderstände 3 befinden sich im Vakuum 9 des Keramik-Gefäßes 8, welches mit den Grundplatten 14 verschweißt ist. Die Scheiben 1 und 2 werden

mit der Druckdifferenz zur äußeren Atmosphäre zusammengepreßt. 4 ist eine leitende Brücke, welche mit der Schraube 15 an diesen p-Schenkel angeschraubt ist. Der gekühlte Anschluß, der auf der Temperatur  $T_0$  festgehalten ist, ist ebenfalls mit einer Schraube 15 befestigt. Der Thermoschenkel gemäß Fig. 2 kann sowohl für Peltier-Kühlung als auch für Generator-Betrieb benutzt werden. In beiden Fällen hat der Strom 7 die gleiche Richtung. Ein dazu passender n-Schenkel ist ganz analog aufgebaut. Er hat anstelle der Schicht 10 aus HfC eine Schicht 11 aus W.

### Ausführungsbeispiel 3

Fig. 3 zeigt einen "segmentierten" p-Schenkel mit 5 Stufen für einen Thermogenerator mit großer Temperaturdifferenz  $T_H - T_0$ . Die beiden Teile einer Thermoschenkelstufe bestehen aus niederohmigen Si-Scheiben, von denen eine jeweils mit einer Struktur aus kegelförmigen Spitzen versehen ist. Alle Scheiben sind mindestens einseitig mit einer Schicht 16 aus W - Schichtdicke ca.  $1 \cdot 10^{-4}$  cm - bedampft. Über die Schicht 16 der ersten beiden Scheiben 1 und 2 ist eine Schicht 10 a aus  $B_6C$  gedampft. Die Schicht 10 b besteht - analog zu 10 a - aus  $p^+-Si_{70}Ge_{30}$ , die Schicht 10 c aus GeTe, die Schicht 10 d aus p-leitendem PbTe und die Schicht 10 e aus  $BiSbTe_3$ .

Die 5 Stufen dieses segmentierten Thermoschenkels sind übereinander gestapelt, wobei die höchste Temperatur  $T_H$  an der Schicht 10 a und die niedrigste Temperatur  $T_0$  an der Schicht 10 e liegt. Die Temperaturdifferenz  $T_H - T_0$  am Thermoschenkel setzt sich aus einer Summe von 5 Teiltemperaturdifferenzen in den Schichten 10 a bis 10 e zusammen. 8 ist ein Keramik-Gehäuse, das mit den beiden Grundplatten 14 verschweißt ist. In seinem Inneren herrscht Vakuum 9 mit einem Druck  $< 1 \cdot 10^{-3}$  Torr. Die leitende Brücke 4 und der gekühlte Anschluß 5 sind mit je einer Schraube 15 am Thermoschenkel befestigt. Der elektrische Strom 7 hat die gleiche Richtung wie der Wärmestrom. Da die Betriebstemperatur  $T_H$  etwa 1300 °K beträgt, ermöglicht der segmentierte Aufbau des Schenkels nicht nur die Einhaltung der optimalen Temperaturen für die verwendeten thermoelektrischen Materialien. Er verhindert auch unnötig hohe Wärmeverluste durch Abstrahlung von der hohen Temperatur  $T_H$  zur tiefen

Temperatur  $T_0$ . (Ein n-Schenkel für diesen Generator kann ganz analog mit entsprechenden Schichten 11 aus thermoelektrischem n-Material aufgebaut sein. Es kann z. B. 11 a aus  $\text{ThS}_2$ , 11 b aus  $\text{n}^+\text{-Si}_{70}\text{Ge}_{30}$ , 11 c aus  $\text{PbSnTe}$ , 11 d aus  $\text{PbTe}$  und 11 e aus  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  bestehen.)

12

3404137

-12-

# Bezugszeichen

- 1 Teil 1 des Thermoschenkels
- 2 Teil 2 des Thermoschenkels
- 3 Kontaktwiderstand mit Fremdschicht
- 4 leitende Brücke
- 5 gekühlter Anschluß am p-Schenkel
- 6 gekühlter Anschluß am n-Schenkel
- 7 elektrischer Strom
- 8 Keramik-Gehäuse
- 9 Vakuum
- 10 Schicht aus Sm (p-Schenkel)
- 10 a Schicht aus  $B_6C$
- 10 b Schicht aus  $p^+-Si_{70}Ge_{30}$
- 10 c Schicht aus GeTe
- 10 d Schicht aus PbTe
- 10 e Schicht aus  $BiSbTe_3$
- 11 Schicht aus Mn (n-Schenkel)
- 12 Permanent-Magnet-Platte
- 13 Schicht aus Fe
- 14 Bodenplatte zum Anschweißen von 8
- 15 Schraube
- 16 Schicht aus W

FIG.2

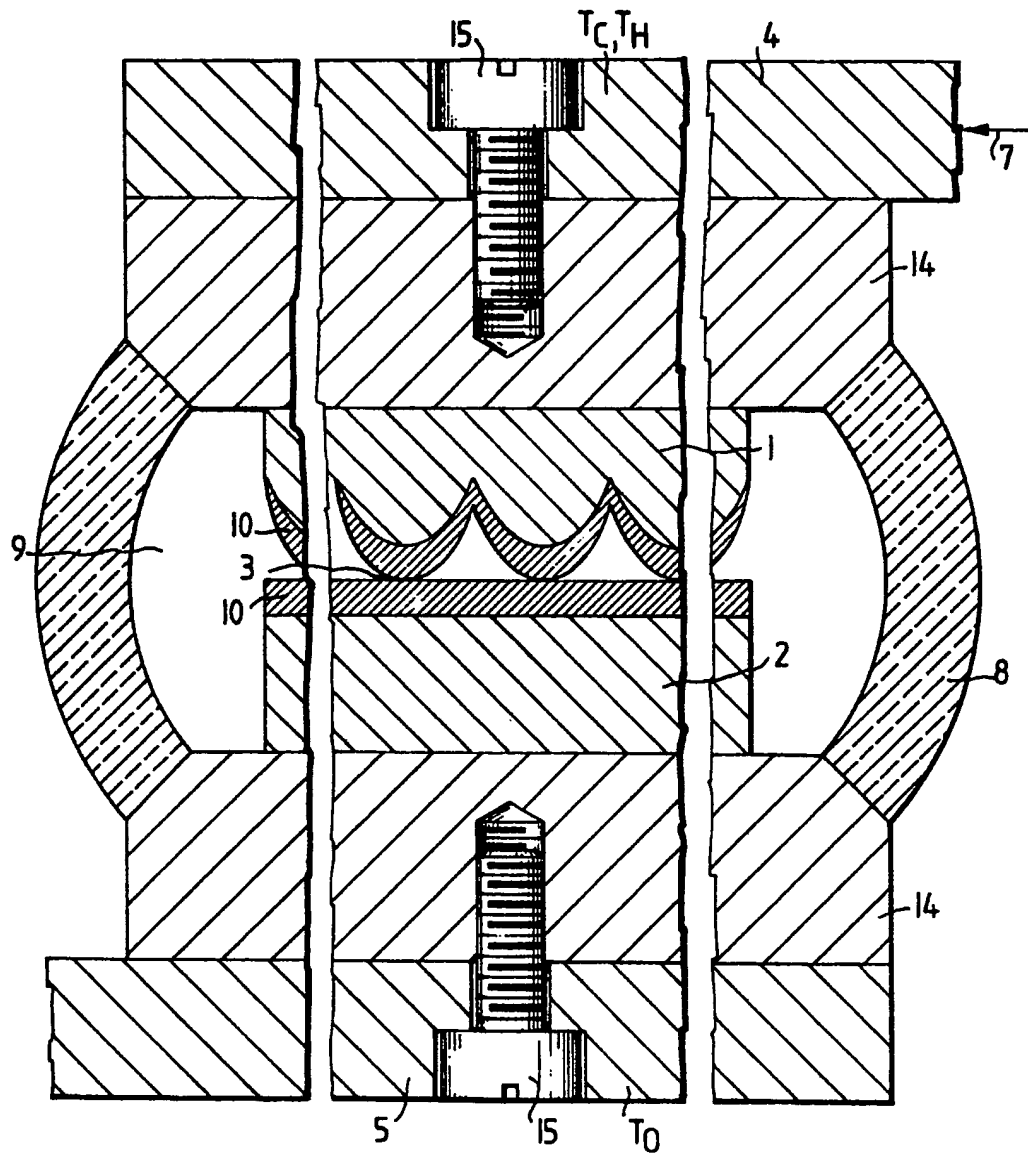


FIG. 3

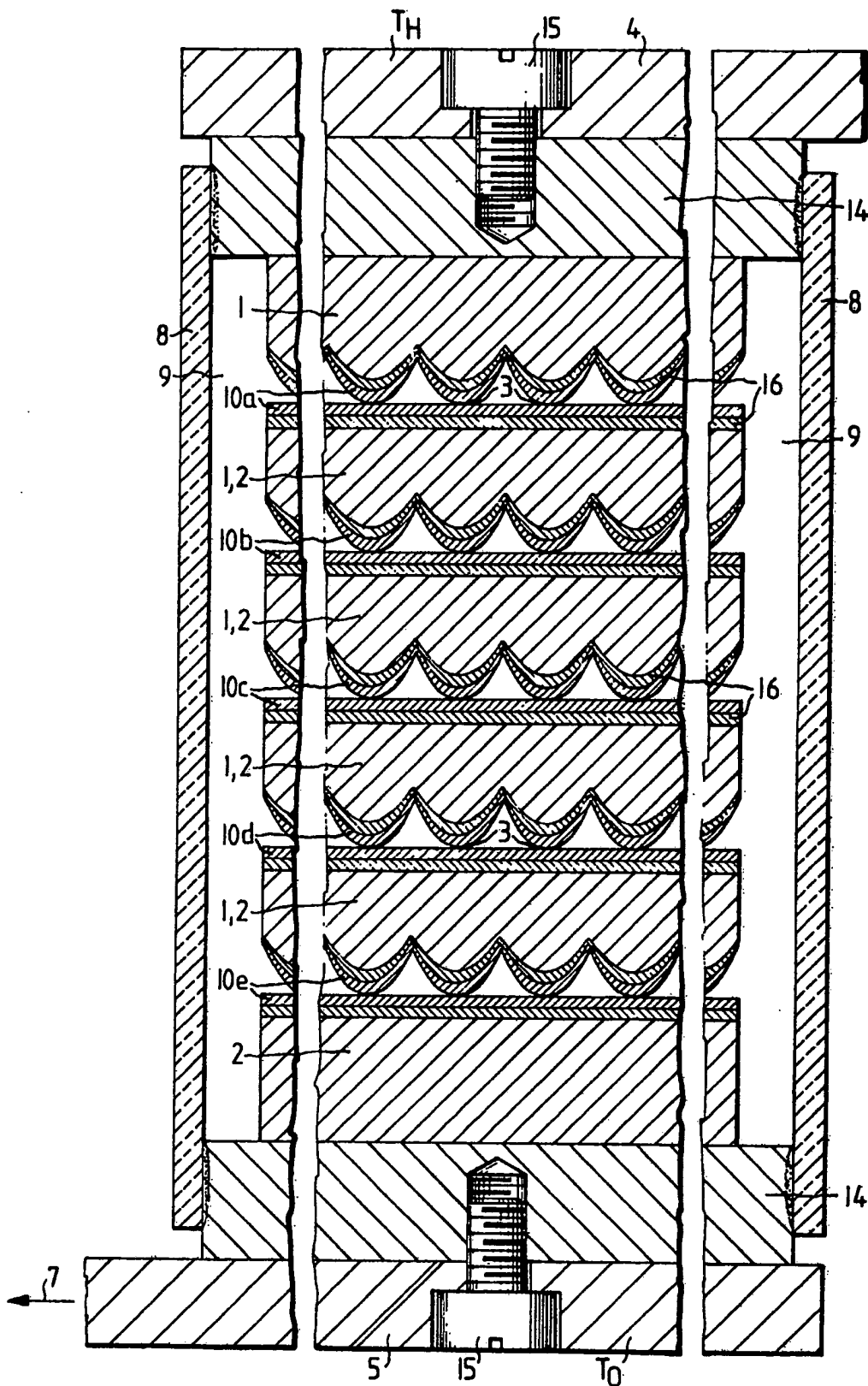
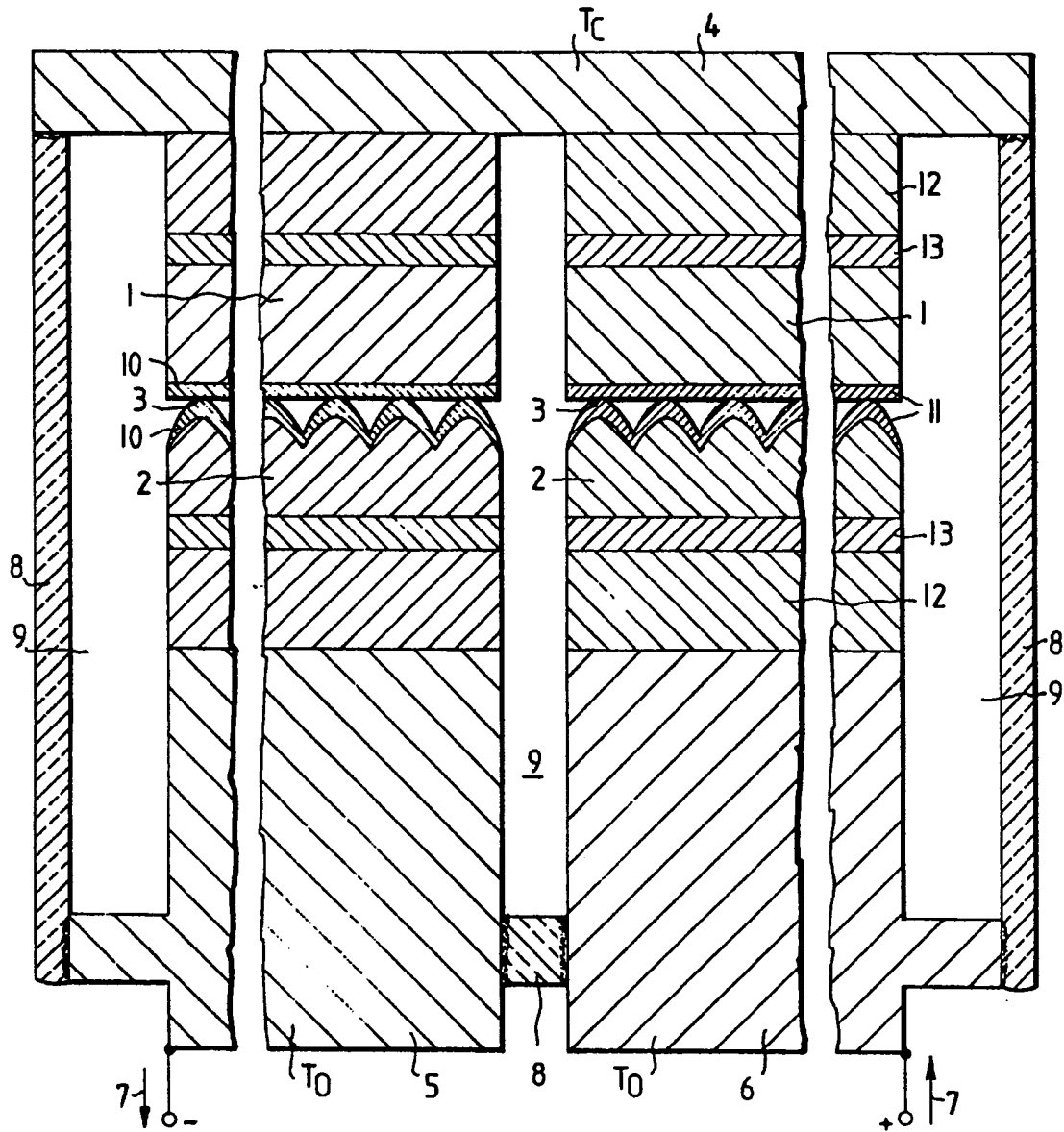




FIG. I



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**